

## O ESTUDO DA LEI DE RESFRIAMENTO DE NEWTON NA ABORDAGEM LCP

Paulo Augusto Pimentel – Hugo Alex Diniz  
pimentel.dantes@gmail.com – halexdiniz@gmail.com  
Universidade Federal do Oeste do Pará - Brasil

Tema: Ensino Experimental de Matemática

Modalidade: CB

Nível educativo: Médio (11 a 17 anos)

Palavras-chave: Abordagem LCP, Lei de Resfriamento de Newton, Ensino de Matemática

### Resumo

*A abordagem LCP (Large Context Problems), desenvolvida por Arthur Stinner, consiste na utilização de um problema central e motivador como contexto interdisciplinar para o ensino de Ciências, com foco na História da Ciência e na iniciação científica. O presente trabalho traz uma introdução à abordagem LCP aplicada ao ensino de Matemática, especificamente o estudo da função exponencial e de uma de suas caracterizações, por meio de um experimento com a Lei de Resfriamento de Newton. Propomos uma sequência de atividades, para alunos do 1º ano do Ensino Médio, em torno do estudo do resfriamento de uma pequena esfera, com o intuito de trabalhar os temas relacionados a funções, seus gráficos e conceitos de termodinâmica. O objetivo é promover um ensino que não esteja centrado no livro didático e que aproxime do aluno o processo de construção do conhecimento por meio do estudo da História. Com auxílio de aplicativos de geometria dinâmica e planilha eletrônica, comparam-se os dados obtidos com os resultados teóricos esperados. Apresentamos também o relato da realização destas atividades em uma turma de 14 alunos e o resultado da avaliação destes alunos sobre a atividade.*

### Introdução

Segundo Carvalho (2013), utilizando-se de sequências de ensino investigativo, é possível criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências, com o objetivo de proporcionar aos alunos condições de utilizar seus conhecimentos prévios para construir novos, discutir suas ideias com os colegas e com o professor, estruturando cientificamente seus conhecimentos e linguagem.

Propomos neste trabalho, uma sequência de ensino investigativo em Matemática, baseada na metodologia LCP (Large Context Problems), desenvolvida por Arthur Stinner, que consiste em fazer com que o professor possa complementar o ensino da

Ciência, colocando-o em uma abordagem rica e ampla, informando sobre a história da Ciência, os fenômenos da natureza e a iniciação científica.

Esta sequência de ensino visa o estudo da função exponencial e de uma de suas caracterizações, por meio de um experimento com a Lei de Resfriamento de Newton, para alunos do 1º ano do Ensino Médio. Em torno do estudo do resfriamento de uma pequena esfera, são trabalhados os temas relacionados a funções, seus gráficos e conceitos de termodinâmica.

Apresentamos também um relato da realização destas atividades em uma turma de 14 alunos e o resultado da avaliação destes alunos sobre a atividade.

### **LCP**

A abordagem LCP foi originalmente desenvolvida como uma resposta para a descoberta de que: "... o aprendizado pode muito bem ser motivado por um contexto que tenha uma ideia central unificadora capaz de capturar a imaginação dos alunos." (Stinner, 2006, tradução própria). A abordagem visa humanizar o ensino da Ciência contextualizando-o sempre em situações atuais. Com isso as relações criadas entre os problemas propostos e os temas de livros de abordagem convencional têm um maior impacto ao serem aplicados. A seguir apresentamos algumas orientações para se montar uma pesquisa ou um trabalho com a abordagem em LCP.

- Criar um contexto com uma ideia central capaz de capturar a imaginação e a atenção do aluno além de enfatizar a ciência envolvida utilizando uma linguagem que esteja dentro do cotidiano do aluno.
- Ao criar um contexto inserir dados históricos e pessoas famosas para realçar a ideia principal do problema. Isso trará uma importante qualidade na apresentação das questões tornando-as mais envolventes.
- Quebrar o paradigma entre o conteúdo e o dia-a-dia. Ou seja, mostrar conexões entre as ideias discutidas em sala de aula com os problemas cotidianos.
- Mostrar ao aluno que as situações que ocorrem no contexto são mais interessantes para serem abordadas. Além das situações fazer uma ligação entre o cenário do problema e os atuais conhecimentos de ciência e tecnologia com isso incentivar a busca individual mais profunda de cada problema proposto.

- Feito o projeto do problema o professor deve trabalhar em conjunto com os alunos, no qual assume papel de investigador.

### **Sobre a lei de resfriamento de Newton**

Em 1701, quando tinha quase 60 anos, Isaac Newton publicou anonimamente um artigo intitulado “Scala Graduum Caloris” (Netto, 2012), no qual descreve um método para medir temperaturas de até 1000°C, algo impossível aos termômetros da época. O método estava baseado no que hoje é conhecido como a lei do resfriamento de Newton. Através da observação e do conceito da conservação do calor, Newton verificou que o calor retirado de um objeto quente é levado pelo vento. Para comprovar, Newton realizou um experimento. Após esquentar um objeto e deixa-lo em repouso num lugar isolado, para não perder calor por contato, percebe-se que com o tempo sua temperatura diminui. Assim a única forma de perder calor é para o ambiente. Com isso, a Lei de resfriamento de Newton afirma que para pequenas diferenças de temperaturas, a taxa de resfriamento é aproximadamente proporcional a diferença entre as temperaturas do objeto e do ambiente.

Sendo assim, tendo  $T$  como a temperatura do objeto,  $T_a$  como a temperatura do ambiente e sabendo que  $T_a < T$ , teremos um fluxo do meio mais quente para o mais frio. As observações experimentais feitas por Newton nos mostram que a quantidade de calor transferida do mais quente para o mais frio, por unidade de tempo  $\left(\frac{dT}{dt}\right)$ , é proporcional à diferença de temperaturas  $(T - T_a)$  entre o sistema e o ambiente. Assim:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_a),$$

onde  $k$  é uma constante que depende do material de cada objeto. A solução para esta equação diferencial é

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a)e^{-kt},$$

onde  $T_0$  é a temperatura inicial do sistema (Figueireido & Aloisio, 1998).

### **Experimento**

Após ver a solução de Newton para o problema, percebe-se que a resposta é uma função exponencial. Repetimos o experimento de Newton e obtivemos indícios que nos indicam que de fato a solução é uma função exponencial.

Os materiais utilizados foram:

- Uma esfera de 4 cm de diâmetro.
- Um cronômetro.
- Um termômetro ambiente.
- Um termômetro óptico.
- Um aquecedor.
- Um suporte com isolante de calor para colocar a esfera.

Primeiramente a esfera foi aquecida até uma determinada temperatura. Mediu-se a temperatura ambiente. Após o aquecimento, a esfera foi colocada no suporte para permanecer em repouso e passar a perder calor apenas para o ambiente. Enquanto a esfera perdia calor, foram medidas sua temperatura inicial e suas respectivas temperaturas em intervalos iguais de tempo. Os dados coletados foram organizados em uma tabela e um gráfico, mostrando o comportamento do resfriamento da esfera. Assim o experimento foi repetido 4 vezes.

Na tabela 1 e no gráfico 1, apresentamos os dados coletados em uma das medições escolhida aleatoriamente. A temperatura ambiente medida foi 29,5°C.

Tabela 1 – Temperatura do objeto ao longo do tempo

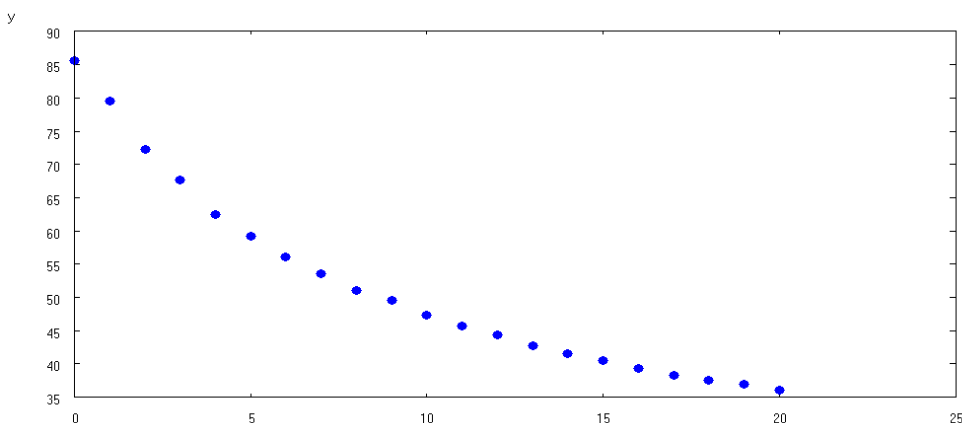
<b>Tempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Razão entre temperaturas consecutivas</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Razão entre temperaturas consecutivas</b>
<b>0</b>	85,6		<b>11,0024</b>	45,7	0,96
<b>1,0191</b>	79,5	0,93	<b>12,0025</b>	44,3	0,97
<b>2,0027</b>	72,2	0,91	<b>13,0009</b>	42,8	0,97
<b>3,0001</b>	67,7	0,94	<b>14,0013</b>	41,5	0,97
<b>4,001</b>	62,5	0,92	<b>15,0022</b>	40,5	0,98
<b>5,0024</b>	59,2	0,95	<b>16,002</b>	39,3	0,97
<b>6,0023</b>	56,1	0,95	<b>17,0024</b>	38,3	0,97
<b>7,0017</b>	53,6	0,96	<b>18,002</b>	37,5	0,98
<b>8,0022</b>	51	0,95	<b>19,0025</b>	36,9	0,98
<b>9,0027</b>	49,5	0,97	<b>20,0002</b>	36,1	0,98
<b>10,0006</b>	47,4	0,96			

O Teorema 1 apresenta uma condição suficiente para que uma função seja do tipo exponencial. Aplicando ao fenômeno estudado, para que a função temperatura

dependente do tempo seja do tipo exponencial, a razão entre temperaturas consecutivas, tomadas em intervalos de tempo iguais deve ser constante. A Tabela 1, na coluna “Razão entre temperaturas consecutivas”, nos indica que o comportamento da função é exponencial. É importante ressaltar que isto é apenas uma indicação, não uma demonstração do fato.

**Teorema 1 (Caracterização da Função Exponencial)** – Seja  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^+$  uma função monótona injetiva tal que, para  $x, h \in \mathbb{R}$  quaisquer, a razão  $\frac{f(x+h)}{f(x)}$  dependa apenas de  $h$ , mas não de  $x$ . Então  $f$  é do tipo exponencial, isto é,  $f(x) = b \cdot a^x$ , com  $a, b \in \mathbb{R}^+$  (Lima, 2010).

Gráfico 1 – Visualização dos dados da temperatura pelo tempo



### Sequência de Ensino LCP

Utilizando o experimento e a análise dos resultados, propomos uma sequência de atividades para o 1º ano do Ensino Médio, nas quais o aluno terá oportunidade de investigar o comportamento da temperatura do objeto.

1. O professor deve verificar com os alunos, os conhecimentos empíricos que possuem sobre transferência de calor e temperatura;
2. Apresentar o material do experimento e seus procedimentos;
3. Realizar o experimento e coletar os dados com a participação dos alunos;
4. Utilizando-se de uma planilha eletrônica ou de um aplicativo de geometria dinâmica, gerar a tabela e o gráfico com os dados;
5. Solicitar aos alunos que identifiquem, dentre as funções que eles conhecem o gráfico, qual melhor se aproxima do gráfico obtido do experimento;

6. Apresentar o teorema de caracterização das funções exponenciais e verificar se os dados obtidos satisfazem a condição do teorema, utilizando computador;
7. Falar sobre a solução que Newton encontrou e um pouco da história envolvendo a lei de resfriamento.
8. Solicitar uma pesquisa sobre onde a lei de resfriamento de Newton é utilizada;
9. Realizar avaliação com os alunos sobre a realização das atividades.

### Relato de experiência

Esta sequência de ensino foi realizada com 14 alunos de 1º ano do Ensino Médio, de uma escola particular da cidade de Santarém – PA. Nos Gráficos de 02 a 05, apresentamos os resultados da avaliação realizada com os alunos.

Gráfico 2 – Sobre o que mais atraiu a atenção dos alunos

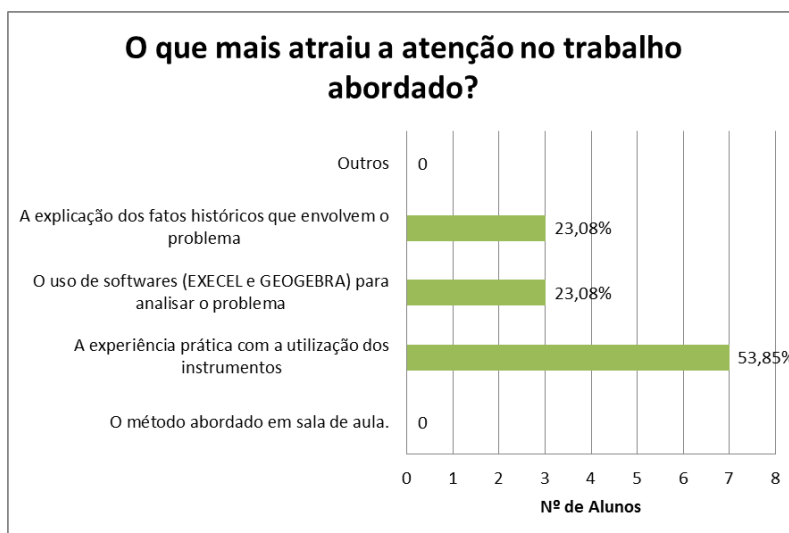


Gráfico 3 – Avaliação sobre a parte prática da atividade

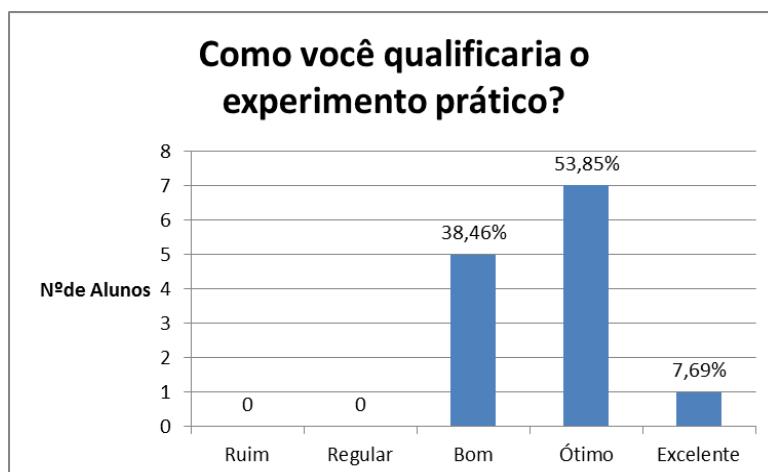


Gráfico 4 – Avaliação sobre o professor

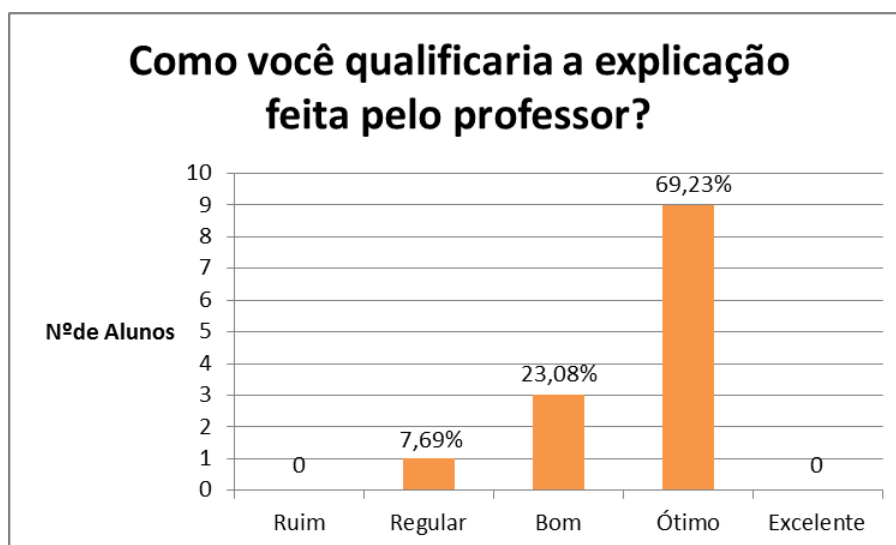
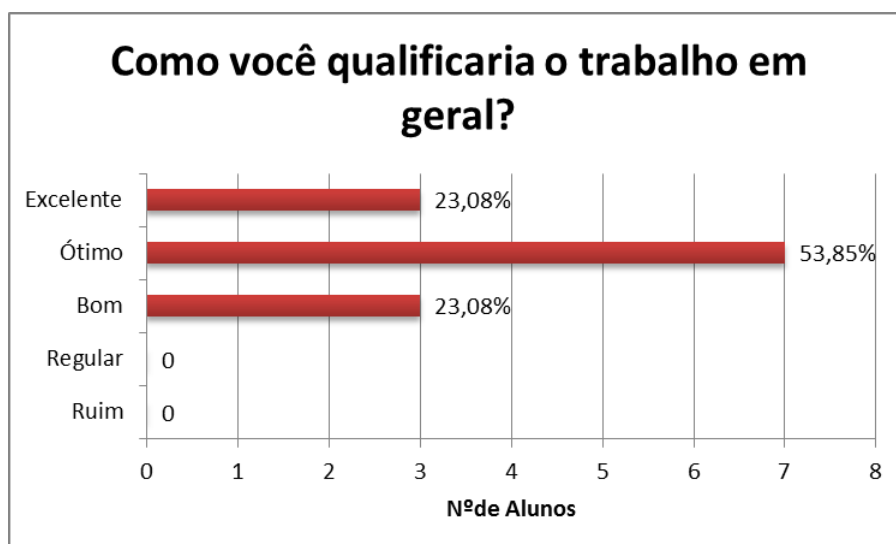


Gráfico 5 – Avaliação geral da sequência de atividades



A experiência de refazer um experimento historicamente famoso trouxe uma oportunidade de grande significância para os alunos. O simples fato de utilizar equipamentos e recriar um cenário estimulou um interesse investigativo no problema.

### Referencias Bibliográficas

- Carvalho, A. M. (2013). Alguns referenciais teóricos para a construção de sequências de ensino investigativas. In: A. M. Carvalho, *Ensino de Ciências Por Investigação* (pp. 1-21). São Paulo: Cengage Learning.
- Figueiredo, D., & Aloisio, N. (1998). *Equações Diferenciais Aplicadas*. Rio de Janeiro: IMPA.

- Lima, E. L. (2010). Função Exponencial. In: E. L. Lima, *A matemática no ensino médio* (pp. 231-241). São Paulo: SBM.
- Netto, L. F. (s.d.). *Lei de Resfriamento de Newton*. Acesso em 13 de junho de 2012, disponível em Feira de Ciências: <http://www.feiradeciencias.com.br/>
- Stinner, A. (2006). The Large Context Problem (LCP) Approach. *Interchange*, 37(1-2), 19-30.